

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-136227

⑬ Int. Cl.⁴

H 01 L 21/30
G 03 F 7/20

識別記号

庁内整理番号

Z-7376-5F
7124-2H

⑭ 公開 昭和61年(1986)6月24日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全8頁)

⑮ 発明の名称 投影装置

⑯ 特 願 昭59-258562

⑰ 出 願 昭59(1984)12月7日

⑱ 発 明 者 太 田 正 克 川崎市中原区今井上町53番地 キヤノン株式会社小杉事業
所内
⑱ 発 明 者 薮 修 一 川崎市中原区今井上町53番地 キヤノン株式会社小杉事業
所内
⑱ 発 明 者 村 上 潤 一 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
⑲ 出 願 人 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
⑲ 代 理 人 弁理士 丸 島 健 一

明 細 書

1. 発明の名称

投影装置

2. 特許請求の範囲

第1物体上のパターンを光学系を介して第2物体上に投影する装置において、上記光学系の光軸方向における上記光学系の基準点と上記第2物体の間隔を検出する第1検出器と、上記光学系によって投影されたパターンの倍率を補正するために上記光学系の周囲の環境条件を調整する空調器と、この空調器によって調整された環境条件を検出する第2検出器と、この第2検出器の出力に基づいて上記光学系のピント位置の変化量を判別する判別器と、この判別器と上記第1検出器の出力に基づいて上記光学系の基準点と上記第2物体の間隔を調整する調整器を有することを特徴とする投影装置。

3. 発明の詳細な説明

(技術分野)

本発明は第1物体上のパターンを光学系を

介して第2物体上に投影する装置、特にIC、LSI、VLSI等の半導体装置を製造する際に用いられる投影装置に関する。

(従来技術)

近年、半導体装置においては、素子の高集積化に応じて回路パターンの微細化が進んでいる。このため、マスクもしくはレチクル上に描かれた回路パターンをウエハー上に焼付けるための焼付装置も、従来のコンタクト方式やプロキシミティ方式からプロジェクション方式を採用したものが主流となりつつある。プロジェクション方式の焼付装置としては、投影光学系をミラー系としたものやレンズ系としたものがある。

ところで、レンズプロジェクション方式の焼付装置では、レンズ系のピント位置にウエハ表面を自動的に位置させるためにオートフォーカス機構を設けるのが一般的であるが、現在のオートフォーカス機構はレンズ系の端面から所定の距離に基準面を設定し、この基準面からウ

エハ表面までの距離を一定に保つものがほとんどで、レンズ系のピント位置が一定の時には極めて高い精度でウエハ表面をピント位置に合わせることができるが、何らかの影響でレンズ系のピント位置が変化すると、ウエハ表面をピント位置に合わせることができなくなってしまう。

この点を更に説明する。一般に、プロジェクション方式の焼付装置の限界解像力 L は、 λ を焼付波長、 Fno を投影光学系の明るさとして、

$$L = 1.8 \lambda Fno \quad \text{---- (1)}$$

で与えられるので、この種の装置において、解像力 L を上げるためには波長 λ を短くするか、 Fno 値を小さく（投影光学系を明るく）することが必要となる。しかし、光学系の焦点深度 D は同様に、

$$D = \pm \lambda Fno^2 \quad (\lambda/8 \text{ 基準}) \quad \text{-- (2)}$$

で与えられるので、斯る装置において、解像力 L を上げると、即ち波長 λ を短くし、 Fno 値

る。このような温度変化によるピント位置の変化は、係数的には、上記3つの要因の中で最も大きい。従来は、エアコンディショニング等の手段により装置の環境および装置内の温度を制御してピント位置の変化量を抑えていた。

一方、②の空気の大気圧および③の空気の湿度の変化に対しては、ジュー・シー・オーエンス (J. C. Owens) が詳しく研究しアプライドオプティクス 1967年 第1号 (APPLIED OPTICS 1967 No. 1) に発表しているように、空気の大気圧または湿度が変化すると空気の屈折率が変化することが知られている。この場合、硝材の屈折率は実質的に変化してないから屈折面での相対屈折率が変化することになる。

空気の絶対屈折率を n_A 、硝材の絶対屈折率を n_o 、硝子と空気の相対屈折率を n とすると

$$n = n_o / n_A$$

で与えられ、 n_A が Δn_A 変化すると n の変化

を小さくすると、焦点深度が浅くなる。例えば、焼付波長を g 線 ($\lambda = 436 \text{ nm}$) とし、 Fno 値を1.43程度とした場合の焦点深度 D は $\pm 0.9 \mu\text{m}$ に過ぎない。従って、上述のオートフォーカス機構を採用するレンズプロジェクション方式の焼付装置では、何等かの理由でレンズ系のピント位置が変化するとウエハ表面に正確にパターンを投影することが不可能となる。

投影光学系のピント位置を変える要因として考えられるものは①レチクルとウエハとの間の空気の温度変化および投影光学系中の硝材の温度変化、②レチクルとウエハとの間の空気の大気圧、および③レチクルとウエハとの間の空気の湿度等である。

①の空気および硝材の温度変化に対して投影光学系構成要素の中で変わり得るものはレンズ面の曲率半径、レンズ面間の間隔、および空気と硝子の相対屈折率であり、これ等の構成要素の変化により投影光学系のピント位置は変わ

量 Δn は $n_A \neq 1$ より

$$\Delta n \approx n_o \cdot \Delta n_A$$

によって与えられる。通常、 n_o は約1.5であるから、

$$\Delta n = 1.5 \Delta n_A$$

となり、空気の屈折率変化が硝材と空気の相対屈折率変化に与える影響は空気の屈折率変化自身の1.5倍の量となる。例えば大気圧が 5 mm Hg 変化すると空気の屈折率は約 1.8×10^{-6} 変化するが、これは硝材と空気の相対屈折率の 2.7×10^{-6} に相当し、投影光学系の個々の性質により変わってくるが、ピント変化としては $0.5 \sim 1.5 \mu\text{m}$ に相当する。この値は前述の焦点深度の値が $\pm 0.9 \mu\text{m}$ であることから明らかに装置の性能上、充分問題となる変化量である。

また、このような変化が生じている際には、投影光学系によってウエハ表面上に投影されているパターンには倍率誤差が生じていることが考えられる。一般に、半導体装置はウエハに複

数の異なったパターンが焼付けられて形成されるが、焼付けのために投影されたパターンごとに倍率が変化すると、ウエハ上における各パターンの正確なアライメントが困難となり、製造された半導体装置の信頼性を低下させるので、好ましくない。

このようにプロジェクション方式の焼付け装置では、気圧、温度、湿度等の外的環境の変化によりピント誤差並びに倍率誤差による不都合が生じるが、従来は3日に1回程度の焼付けテストを行なうことで、ウエハ上に焼付けられるパターンを最良とするように装置を調整するに過ぎなかった。

(目的)

本発明の目的は、第1物体上のパターンを光学系を介して第2物体上に投影する装置において、気圧、温度、湿度等の外的環境が変化してもパターンを第2物体上に正確に投影することのできる投影装置を提供することにある。

ギャップセンサー5の出力に応じてウエハ4がZ方向に移動され、自動的にレンズ光学系2のピント位置に合わせられる。本実施例ではギャップセンサー5として、ノズルから一定の圧のエアを物体に向けて噴射した際の背圧の変化に応じてノズル端面と物体との間隔を検出する所謂エアーマイクロを用いている。なお、レンズ光学系2は複数のレンズ成分から構成されている。

21は不図示の光源からの光でレチクル1を照明するための照明光学系で、この光学系21からの光によってレチクル1上の回路パターンはレンズ光学系2を介してウエハ4上に縮小されて焼付けられる。22はレチクル1とウエハ4のXY面における位置ずれ状態を観察するためのアライメントスコープ。23はレチクル1を保持するレチクルステージ、24はレンズ光学系2を鏡筒3を介して支持する支持台。28はウエハ4を保持するウエハステージで、ウエハ4のZ方向の位置を調整するための圧電素子

(実施例)

以下、図に示した実施例に基づいて本発明を説明するが、以下の説明において、本実施例はIC、LSI、VLSI等の半導体装置を製造する線に用いられ、レチクルもしくはマスク上に描かれた回路パターンをレンズ光学系を介してウエハ上に縮小して投影することによりウエハ上にパターンを焼付ける装置、所謂ステツパを前提としている。また、第1図の説明では、説明を容易にするために、投影光学系の光軸方向をZ方向、投影光学系の光軸と垂直に交わる平面内で、図の左右方向をX方向、図に対して垂直な方向をY方向とそれぞれ記す。

第1図において、1は半導体装置のためのパターンが描かれているレチクル、2はレチクル1上のパターンを投影するためのレンズ光学系、3はレンズ光学系2を支持する鏡筒、4は透光率が表面に塗布されたシリコンからなるウエハ、5は座標原点7とウエハ4との間隔をセンスするためのギャップセンサーで、この

27とレンズ光学系2の光軸(Z軸)を中心としたθ方向の位置を調整するためのθ駆動装置(不図示)を有している。30はモータ、31はウエハステージ28を載置しているX-Yステージで、モータ30の回転によりX方向の位置が調整されると共に、不図示のモータの回転によりY方向の位置が調整される。32は装置全体を支持するための基礎定盤である。

33は一定周波数のレーザ光LBを発生するレーザ光源、34はビームスプリッタ(不図示)と参照用反射鏡(不図示)で構成されている干渉計、35はX-Yステージ31上に固定されている測長用反射鏡、36は干渉計34を通過してくるレーザ光の強度変化を検出するためのレシーバ、37はレシーバ36、気圧センサー11、湿度センサー13、温度センサー40のそれぞれの出力に基づいて反射鏡35、即ちX-Yステージ31のX方向の移動距離を測定する測定器で、これらで周知のレーザ精密測定システムを構成している。なお、図示していないが、

このレーザ精密測定システムはX-Yステージ31のY方向の移動距離を測定するために、もう一組設けられている。

ここでレーザ精密測定システムの原理を簡単に説明する。レーザ光源33からのレーザ光LBは干渉計34の一部を構成するビームスプリッタで2つの光に分割され、一方は測長用反射鏡35に向うと共に、他方は干渉計34の一部を構成する参照用反射鏡へ向う。これらの光は各反射鏡で反射された後、ビームスプリッタで電なり合うので、各反射光の位相差に応じて干渉が生じる。この位相差は反射鏡35がレーザ光LBの半波長分移動することに360°ずれるので、干渉計34を通過してくるレーザ光LBの強度は反射鏡35がレーザ光LBの半波長分移動することに強弱を繰り返す。従って、1回の強度変化で反射鏡35のレーザ光LBの半波長分の移動が判ることになり、レーザ光LBの波長が正確に判っていれば、強度変化の回数をレシーバ36を介して計数することで、

られた空気を流入する。温度センサ12はこのカバー42内の温度をセンスする。45は支持台24と定盤32の間を略密閉状態に覆うカバーで、このカバー45で覆われた空間内にはレンズ光学系2の一部、ギャップセンサ5、ウエハステージ28、X-Yステージ31、モータ30、干渉計34、測長用反射鏡35、温度センサ40が少なくとも位置している。46はカバー45内の温度を調整する空調ユニットで、空調ユニット43と同様にダクト47を介して冷却もしくは熱せられた空気をカバー45内に流入される。

次に、第2図において、15はその内部に設定された各種のルーチンによって本実施例の動作を制御するマイクロプロセッサで、このマイクロプロセッサ15にはメインルーチン以外にメインルーチンからの指令に基づいて作動するX方向駆動ルーチン、Y方向駆動ルーチン、Z方向駆動ルーチン、補正量算出ルーチン等を有している。X方向、Y方向駆動ルーチンはウエ

ハ4のXY面における位置をX-Yステージ31を介して制御するためのものであり、Z方向駆動ルーチンはウエハ4のZ方向の位置をウエハステージ28を介して制御するためのものである。また、補正量算出ルーチンは、外部操作可能な基準情報設定器50に設定された基準気圧P0、基準温度T02、基準湿度H0のそれぞれに応じた信号と、気圧センサ11、温度センサ12、湿度センサ13でセンサされた環境気圧P、環境温度T2、環境湿度Hのそれぞれに応じた信号を入力し、これに基づいて環境条件の変化によって生じるビント誤差と倍率誤差を補正するためのZ駆動補正量 ΔZ_d と温度補正量 ΔT_2 を算出する。なお、第1図の装置は環境気圧P、環境温度T2、環境湿度Hがそれぞれ基準気圧P0、基準温度T02、基準湿度H0に一致している時、レンズ光学系2のビント位置がギャップセンサ5の座標原点7(第1図参照)と一致すると共に、レンズ光学系2によってウエハ4上に投影されたレチクル

42はレチクルステージ23と支持台24の間を略密閉状態に覆うカバーで、レンズ光学系2の大部分はこのカバー42で覆われた空間内に位置している。43はカバー42で覆われた空間内の温度を調整する空調ユニットで、ダクト44を介してカバー42内にカバー42内の温度が所定の値となるように冷却もしくは熱せ

ハ4のXY面における位置をX-Yステージ31を介して制御するためのものであり、Z方向駆動ルーチンはウエハ4のZ方向の位置をウエハステージ28を介して制御するためのものである。また、補正量算出ルーチンは、外部操作可能な基準情報設定器50に設定された基準気圧P0、基準温度T02、基準湿度H0のそれぞれに応じた信号と、気圧センサ11、温度センサ12、湿度センサ13でセンサされた環境気圧P、環境温度T2、環境湿度Hのそれぞれに応じた信号を入力し、これに基づいて環境条件の変化によって生じるビント誤差と倍率誤差を補正するためのZ駆動補正量 ΔZ_d と温度補正量 ΔT_2 を算出する。なお、第1図の装置は環境気圧P、環境温度T2、環境湿度Hがそれぞれ基準気圧P0、基準温度T02、基準湿度H0に一致している時、レンズ光学系2のビント位置がギャップセンサ5の座標原点7(第1図参照)と一致すると共に、レンズ光学系2によってウエハ4上に投影されたレチクル

1のパターンの倍率が所望の倍率、例えば1/5倍となるように設定されている。また、設定器50に設定される基準温度T01はカバー45内の環境温度T1を指定するために用いられる。

マイクロプロセッサ15の補正量算出ルーチンにおいて、Z駆動補正量 ΔZ_d は環境条件の基準条件に対する変化量をそれぞれ ΔT 、 ΔP 、 ΔH として、

$$\Delta Z_d = K_1 \cdot \Delta T + K_2 \cdot \Delta P + K_3 \cdot \Delta H \quad \cdots (3)$$

$$\Delta T = T_2 - T_{02}$$

$$\Delta P = P - P_0$$

$$\Delta H = H - H_0$$

で求められる。ここで、 K_1 、 K_2 、 K_3 は定数で、ギャップセンサ5がエアマイクロである場合には、環境の変化に応じた光学性能の変化とギャップセンサ5の出力の変化を考慮して決定される。定数 K_1 、 K_2 、 K_3 は、計算により求めても良いが、実験で求めるのがより実験的である。なお、上式では ΔP 、 ΔT 、 ΔH

の1次式により ΔZ_d を求めるようにしているが、理論的には2次以上の高次の項の影響も考えられる。しかし、 ΔP 、 ΔT 、 ΔH の値が実際には小さいので、1次式でも充分である。

また、環境条件の変化に応じた投影倍率の変化量、即ち倍率誤差 $\Delta \beta$ は、前述の ΔZ_d の場合と同様に ΔT 、 ΔP 、 ΔH を用いて、

$$\Delta \beta = k_1 \cdot \Delta T + k_2 \cdot \Delta P + k_3 \cdot \Delta H \quad \cdots (4)$$

で与えられるので、環境に変化が生じても投影倍率を常に一定とするためには、常に

$$\Delta \beta = k_1 \cdot \Delta T + k_2 \cdot \Delta P + k_3 \cdot \Delta H = 0$$

が成り立てば良い。従って、補正量算出ルーチンは温度補正量 ΔT_d を

$$\begin{aligned} \Delta T_d &= -k_2/k_1 \cdot \Delta P - k_3/k_1 \cdot \Delta H \\ &= k_4 \cdot \Delta P + k_5 \cdot \Delta H \quad \cdots (5) \end{aligned}$$

$$k_4 = -k_2/k_1, \quad k_5 = -k_3/k_1$$

と算出する。ここで、 k_1 、 k_2 、 k_3 は環境の変化に応じた光学性能の変化によって決定される定数で、定数 k_1 、 k_2 、 k_3 と同様に実験で求めるのが良い。

補正量算出ルーチンで求められたZ駆動補正量 ΔZ_d をZ方向駆動ルーチンに与える。これによりZ方向駆動ルーチンはギャップセンサ5の座標原点7(第1図参照)からZ方向に ΔZ_d だけずれた位置を示す指令値を出力する。一方、ギャップセンサ5は座標原点7からウエハ4の表面までの距離Zsを示す信号をマイクロプロセッサ15に与えている。マイクロプロセッサ15はZ方向駆動ルーチンからの補正量 ΔZ_d とギャップセンサ5からの距離Zsとの差をZ駆動制御部26に与える。Z駆動制御部26はこの差に応じてウエハ4の移動量Zdを示す信号を圧電素子27に与え、ウエハステージ28上のウエハ4をZdだけ移動させる。この動作によりギャップセンサ5で検出されている座標原点7からウエハ4の表面までの距離Zsが補正量 ΔZ_d に等しくなり、差が零となったところでZ駆動制御部26はウエハ4のZ方向の移動を停止する。これでウエハ4の表面は現在のカバー42内の環境気温T2、環境

気圧P、環境湿度Hによって決定されているレンズ光学系2のピント位置に正確に合わされたことになる。Z駆動制御部26、圧電素子27、ウエハステージ28でZ駆動装置16を構成している。

一方、補正量算出ルーチンで求められた温度補正量 ΔZ_d はマイクロプロセッサ15内で設定器50に設定されている基準温度T02に加算され、指令温度Td(=T02+ ΔT_d)としてマイクロプロセッサ15から減算器51へ出力される。減算器51は温度センサ12でセンスしているカバー42内の環境温度T2と指令温度Tdの差を演算し、この差を空調制御部52へ与える。空調制御部52はこの差に基づいて空調装置53を制御し、環境温度T2と指令温度Tdとの差が零となるように、ダクト44を介してカバー42内に流入される空気を冷却もしくは加熱する。この動作によりカバー42内の温度T2は指令温度Tdに等しくなるので、環境気圧P、環境湿度Hの変化に応じた

レンズ光学系の倍率誤差は補正される。減算器51、空調制御部52、空調装置53で空調ユニット43が構成されている。

この状態で本実施例はレチクル1上の回路パターンをレンズ光学系2を介してウエハ4上に投影して焼付けの動作を行なうが、この焼付け動作はウエハ4をX-Yステージ31を介してステップ的に移動させながら繰り返し行なわれる。マイクロプロセッサ15のX方向駆動ルーチン、Y方向駆動ルーチンは焼付け動作と交互に繰り返えされるウエハ4のステップ移動を制御するために設けられている。なお、X方向駆動ルーチンに基づいてウエハ4をX方向にステップ駆動する構成と、Y方向駆動ルーチンに基づいてウエハ4をY方向にステップ駆動する構成は同一なので、以下の説明ではX方向駆動ルーチンに関連する部分のみを説明する。

ウエハ4の所定部分への焼付けが終了すると、X方向駆動ルーチンはウエハ4上の他の部分をレンズ光学系2の投影領域に位置させるための

るまで行なわれる。

ところで、レーザ光LBの波長は前述した如く環境条件によって空気の屈折率が変化すると変わるので、測定器37にはその内部に設定されているレーザ光LBの半波長としての値を補正するために温度センサ40からカバー45内の環境温度 T_1 、気圧センサ11から環境気圧P、湿度センサ13から環境湿度Hの各情報が入力されている。なお、この各センサ40、11、13からの環境条件はY方向駆動ルーチンに対応する測定器(不図示)にも入力されている。

また、温度センサ40でセンサされたカバー45内の環境温度 T_1 に応じた信号 Ts_1 は減算器54に入力される。減算器54はこの環境温度 T_1 と設定器50に設定されている基準温度 T_{01} との差を演算する。空調制御部55はこの差に基づいて空調装置56を制御し、ダクト47を介してカバー45内に流入される空気を冷却もしくは熱し、カバー45内の環境

移動量を指示する。マイクロプロセッサ15はこの指示移動量と測定器37からのX-Yステージ31の実際の移動量との差を演算し、これをX駆動制御部29へ出力する。X駆動制御部29はこの差に基づいて必要な移動量 X_d を求め、この X_d に応じた信号でモータ30の駆動を制御し、X-Yステージ31を介してウエハ4をX方向に移動させる。X-Yステージ31がX方向に移動すると、X-Yステージ31上の反射鏡35が光線33からのレーザ光LBの半波長分移動するごとに、干渉計34で干渉が生じ、レシーバ36の入射光の強度が変化する。この強度変化が生じるたびにレシーバ36は検出信号 X_r を測定器37に出力し、測定器37はこの強度変化の回数と測定器37内にレーザ光LBの半波長分の長さとして設定されている値との積を移動量 X_s として出力する。この動作は測定器37からの移動量 X_s がX方向駆動ルーチンからの設定移動量に等しくなると、X駆動制御部29の出力 X_d が零とな

環境温度 T_1 を基準温度 T_{01} に等しくする。減算器54、空調制御部55、空調装置56で空調ユニット46を構成している。この実施例において、 Ps 、 Ts_2 、 HS 、 Ts_1 は各センサ11、12、13、40の検出信号を示す。

なお、本発明は前述の実施例に限定されることなく適宜変形して実施することができる。例えば、前記実施例ではギャップセンサとしてエアマイクロを用いているが、これは非接触式電気マイクロメータを用いてもよく、あるいは、レーザ光の走査またはテレビの映像処理による方法等光学的な検出方法を用いた装置でもよい。また、前記実施例では所定の演算式を用いてZ駆動補正量 ΔZ_d と温度補正量 ΔT_d を求めるようにしているが、気圧、温度、湿度等の環境条件に対応する各補正量を予めメモリに記憶させておき、環境条件情報を用いて各補正量を読み出すようにしてもよい。

また、上述においては、本発明を半導体焼付け装置に適用する場合について説明しているが、

本発明は、ホログラム作成装置や複写機等、他のパターン転写装置に対しても適用することができることは勿論である。

(効果)

以上のごとく、本発明によれば、大気圧、温度または湿度の変化に応じてウェハ表面等のパターン転写面の最適位置と倍率を補正するようにしたため、大気圧、温度または湿度の変化にかかわらず、常にパターン転写面を投影光学系のピント面に合致させることができると共に、正確な倍率のパターンをパターン転写面に投影することができる。

- 5 ---- ギャップセンサ、
- 11 ---- 気圧センサ、
- 12 ---- 温度センサ、
- 13 ---- 湿度センサ、
- 15 ---- マイクロプロセッサ、
- 40 ---- 温度センサ、
- 43・46 ---- 空調ユニット。

出願人 キヤノン株式会社

代理人 丸 島 儀 一



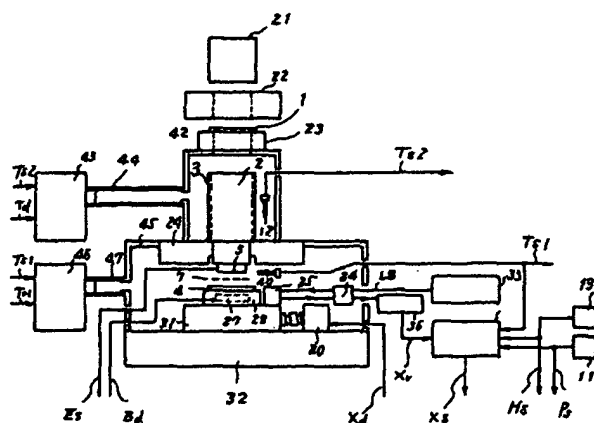
4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の投影装置の一実施例を示す図、

第2図は本実施例の制御系の一例を示す図である。

- 1 ---- レクチル、
- 2 ---- レンズ光学系、
- 4 ---- ウェハ、

第1図



第 2 図

